



CFK im Automobil – Ein weiter Weg?

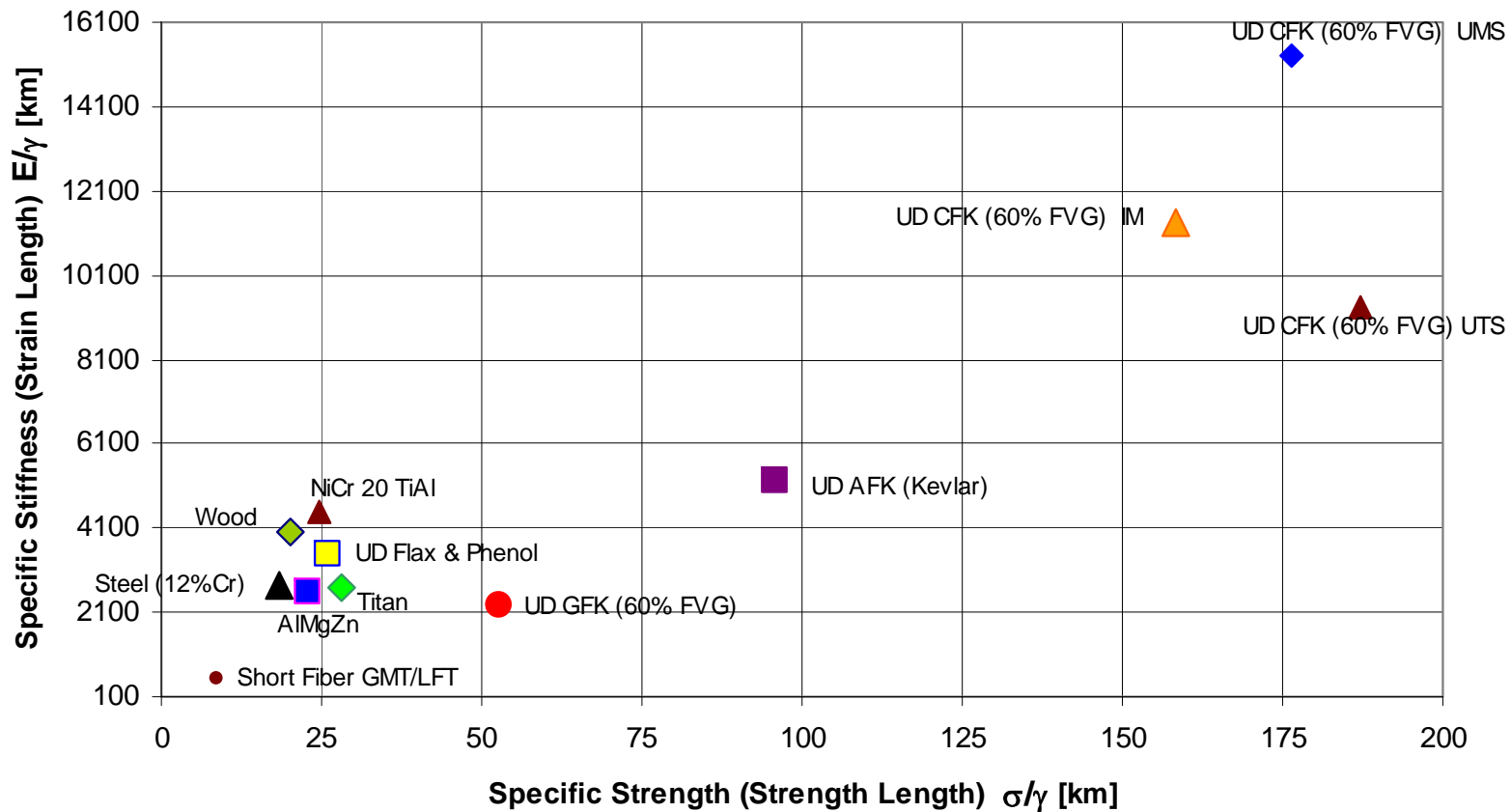
Kunststofftrends im Automobil
28. September 2011

Prof. Dr.-Ing. Martin Wiedemann
Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik,
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Was macht CarbonFaser verstärkten Kunststoff (CFK) für Fahrzeugstrukturen so attraktiv?

Vergleich der für das Strukturgewicht entscheidenden Werkstoffeigenschaften Festigkeit und Steifigkeit:

Specific Strength and Strain of Lightweight Metals and UD Composite Laminates



Endlosfaserverstärktes CFK im Automobil spart am meisten Strukturgewicht

Was macht den Weg so weit?

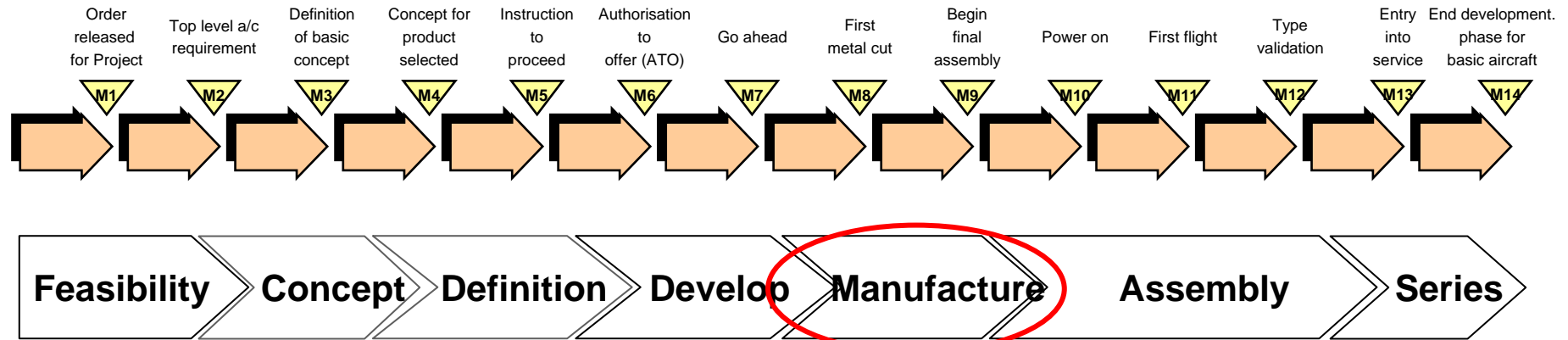
Herausforderungen der CFK-Anwendung

Die Halbzeug-Kosten
Der Entwicklungs-Prozess
Die Herstellungs-Kosten
Die Reparatur
Das Recycling

Die Halbzeug-Kosten

	Dichte r	Preisindex ^a	E-Modul E	E/r ($E/\$*r$)	Dehngrenze $R_{p0,2}$	$R_{p0,2}/r$ ($R_{p0,2}/\text{\$}$)
	[g/cm ³]	[\$]	[GPa] ($E/\text{\$}$)	[GPa/g/cm ³]	[MPa] ($R_{p0,2}/\text{\$}$)	[MPa/g/cm ³]
Epoxy	1,5	2	3,5 (1,8)	2,3 (1,2)	75 (38)	50 (25)
Al-Legierung AA6082-T6	2,7	6	70 (12)	26 (4,3)	270 (45)	100 (17)
C-Stahl S355	7,9	1	205 (205)	26 (26)	355 (355)	45 (45)
HTC-Faser (längs)	1,9	50	230 (4,5)	120 (2,5)	4200 (84)	2210 (45)
unidirektionaler CFK-Verbund (längs)	1,7	40	140 (3,5)	80 (2)	2000 (50)	1170 (29)

Der CFK Entwicklungs-Prozess am Beispiel Flugzeugbau



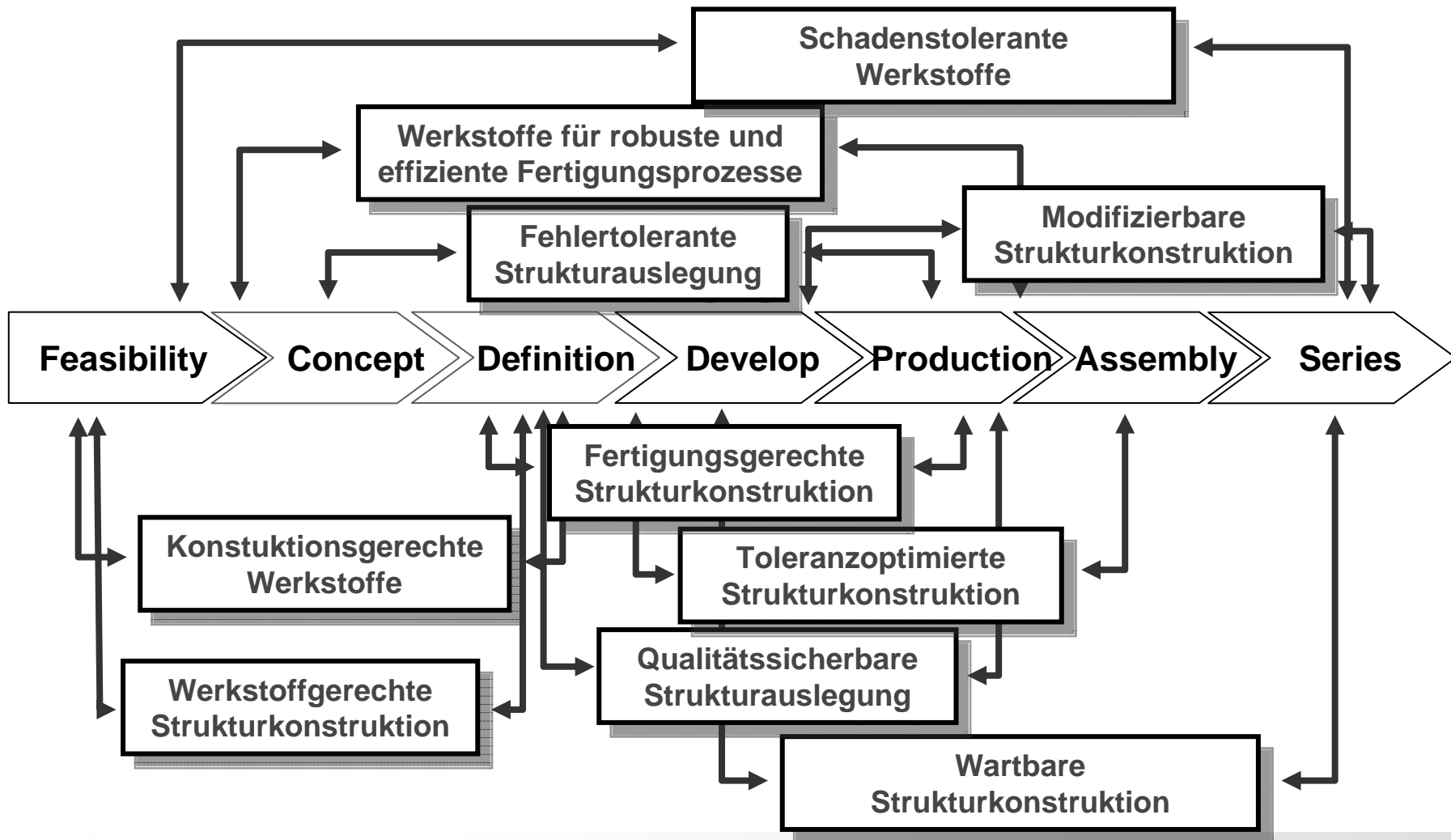
CFK-Prozessschritte in der Fertigung

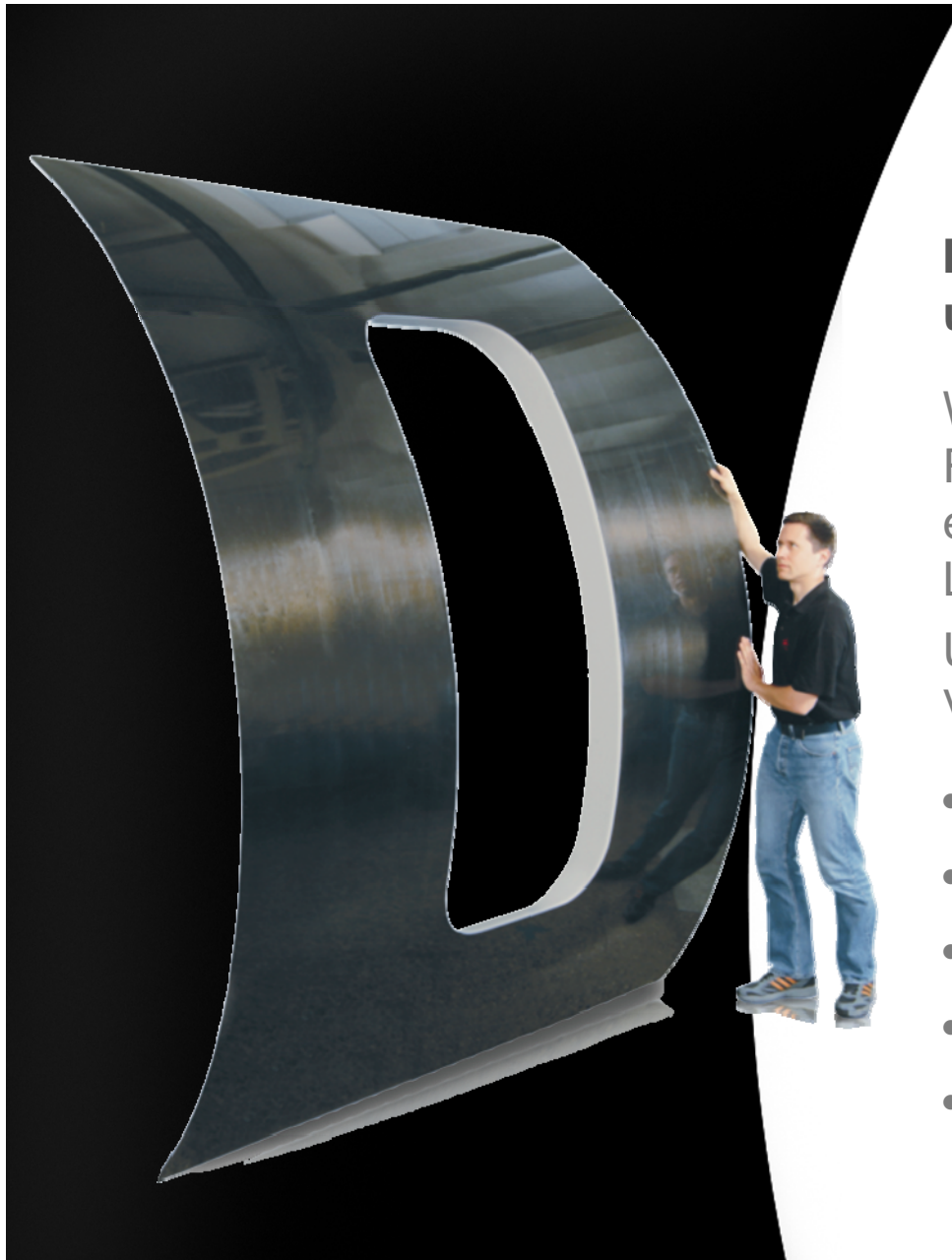


CFK-Prozessschritte in der Bauteilherstellung



Beispiele für Abhängigkeiten im Entwicklungs-Prozess





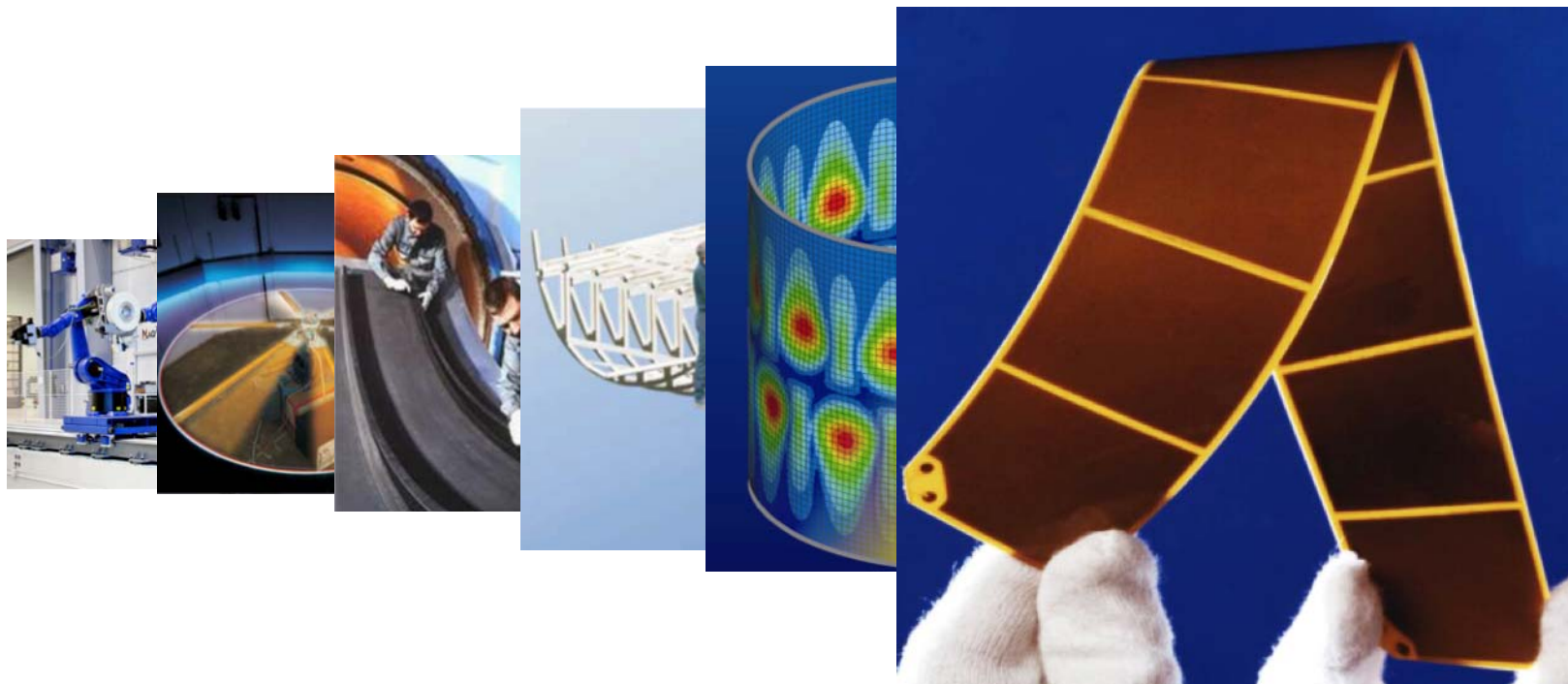
Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik

Wir sind die Experten für Entwurf und Realisierung anpassungsfähiger, effizient gefertigter, toleranter Leichtbausysteme.

Unsere Forschung dient der Verbesserung von

- **Umweltverträglichkeit**
- **Gewichtseffizienz**
- **Kosteneffizienz**
- **Funktionalität**
- **Komfort**

Unsere Fachkompetenzen im Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik



Unsere Fachkompetenzen – Bausteine in der Prozesskette des Hochleistungsleichtbaus

Mit unseren Fachkompetenzen orientieren wir uns entlang der gesamten Prozesskette zur Herstellung anpassungsfähiger, effizient gefertigter, toleranter Leichtbaustrukturen.

Für exzellente Ergebnisse in der Grundlagenforschung und industriellen Anwendung.

**Faserverbund-
technologie**



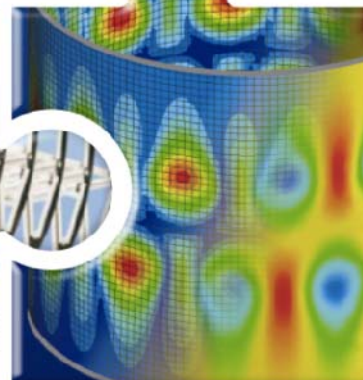
Adaptronik



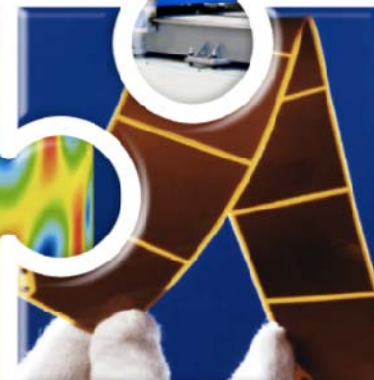
**Verbundprozess-
technologie**



**Funktions-
leichtbau**



**Struktur-
mechanik**



**Multifunktions-
werkstoffe**

Unsere Fachkompetenzen – Bausteine in der Prozesskette des Hochleistungsleichtbaus

Mit unseren Fachkompetenzen orientieren wir uns entlang der gesamten Prozesskette zur Herstellung anpassungsfähiger, effizient gefertigter, toleranter Leichtbaustrukturen.

Für exzellente Ergebnisse in der Grundlagenforschung und industriellen Anwendung.



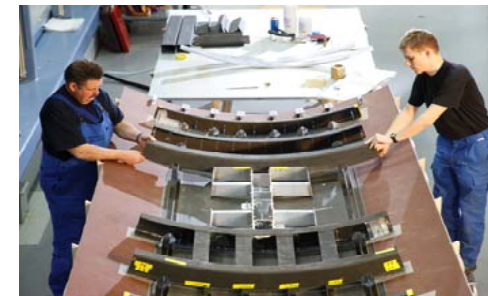
Unsere Prozesskette für die Forschung im industriellen Maßstab DLR Zentrum für Leichtbau-Produktionstechnologie (ZLP)



Große
Bauteile



Volumen-
bauteile



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

CFK in Automobil – Ein weiter Weg?
M. Wiedemann, Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik

Unsere Prozesskette für die Forschung im industriellen Maßstab DLR Zentrum für Leichtbau-Produktionstechnologie (ZLP)

ZLP Standort Stade

Prof. Wiedemann, Dr. Meyer

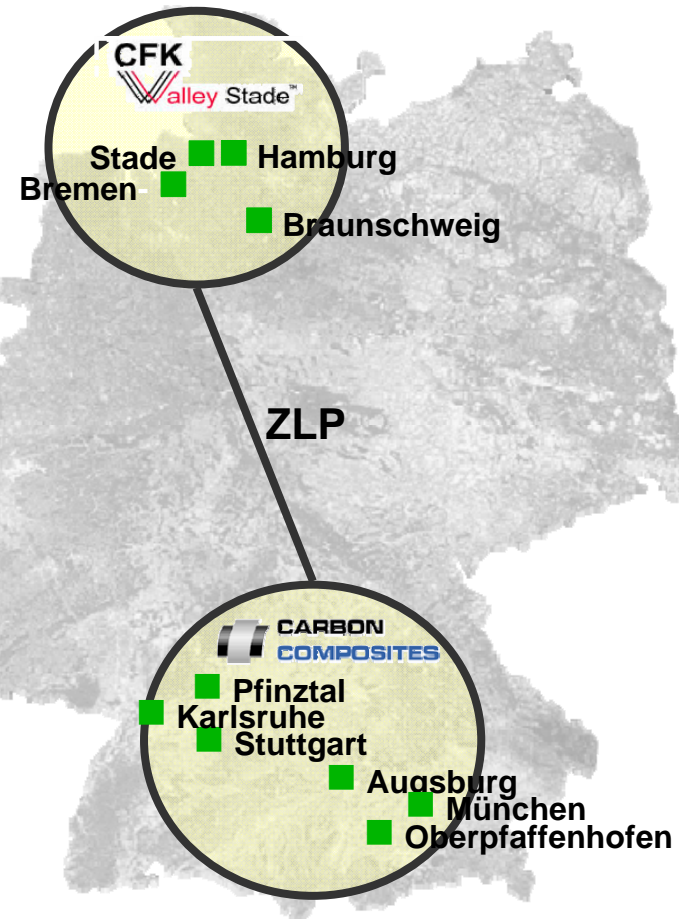


ZLP Standort Augsburg

Prof. Voggenreiter, Dr. Dudenhausen

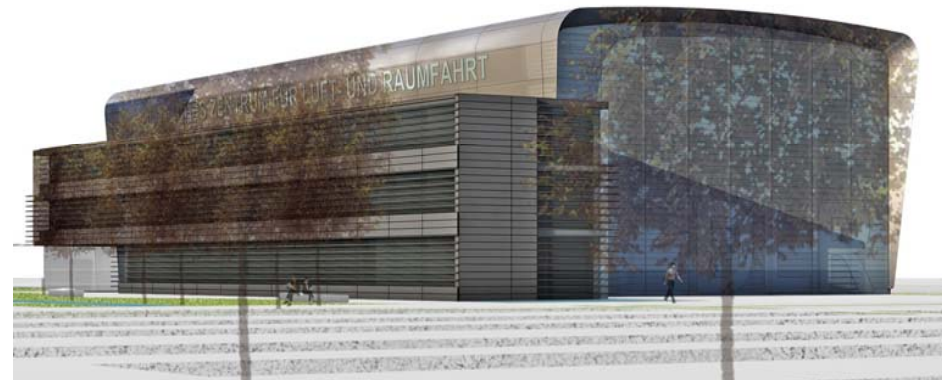


Leiter des ZLP
Dr. Meyer








Unsere Prozesskette für die Forschung im industriellen Maßstab DLR Zentrum für Leichtbau-Produktionstechnologie (ZLP)

Standort Augsburg



Schwerpunkt CFK-Technologie

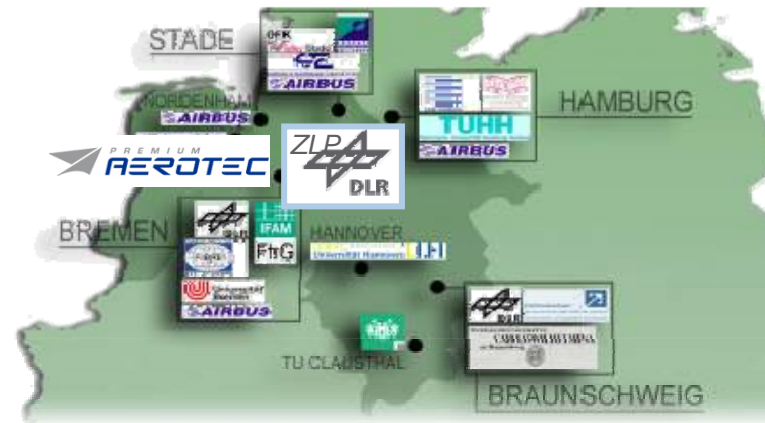
-  **Textil- und Infusionstechnologie**
-  **Robotik, Sensorik, Mechatronik**
-  **Duromer- und Thermoplastverarbeitung**
-  **Produktionsintegrierte Qualitätssicherung**
-  **Montage- und Verbindungstechnologien**



Unsere Prozesskette für die Forschung im industriellen Maßstab DLR Zentrum für Leichtbau-Produktionstechnologie (ZLP) im CFK NORD

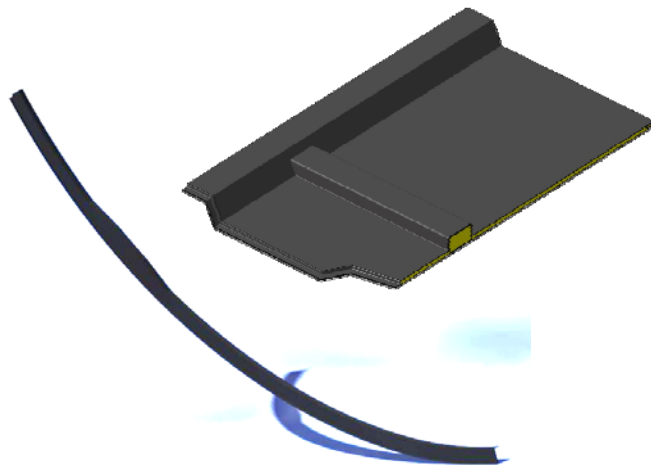
Schwerpunkt CFK-Technologie

- 🚗 AFP robotisch basiert
- 🚗 **Volumenbauteile**
- 🚗 Online-QS für Autoklavprozesse
- 🚗 Duromerverarbeitung – Prepreg
- 🚗 Formwerkzeugtechnologie
- 🚗 Prozesssimulation



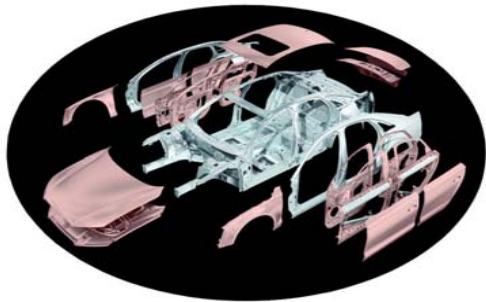
DLR Zentrum für Leichtbau-Produktionstechnologie (ZLP) im CFK NORD Projekt EVo: Endkonturnahe Volumenbauteile - Zielbauteile

- 🚗 Komplexe, 3D-gekrümmte Geometrien (Luftfahrt und Automotive)
- 🚗 Stückzahlen bis 100.000 Stück/Jahr
- 🚗 Äußerst kosteneffizient
- 🚗 Sehr hohe Prozesssicherheit



DLR Zentrum für Leichtbau-Produktionstechnologie (ZLP) im CFK NORD

Projekt EVo: Endkonturnahe Volumenbauteile - Zielbauteile



Außenhautbauteile

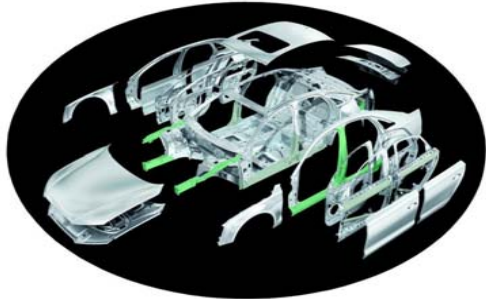


Quelle: BMW

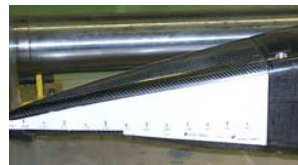


Quelle: Audi

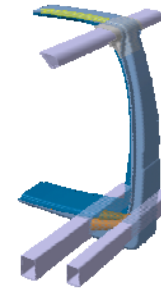
- Class-A Oberfläche
- designgetriebene Geometrie



Energiedissipierende Strukturbauteile

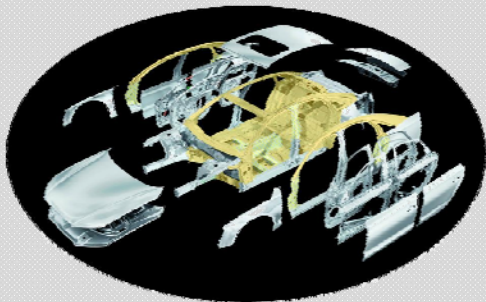


Quelle: Dallara

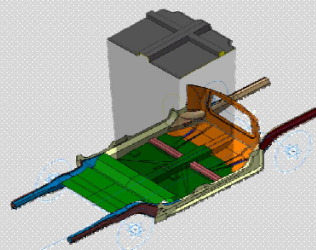


- Gleichmäßige, hohe Energiedissipation bei Frontal- und Seitencrash

Schwerpunkt EVo



Gestaltfeste Strukturbauteile



Quelle: Lotus

- Gestaltfestigkeit bei Frontal- und Seitencrash
- hohe Biege- und Torsions-steifigkeit

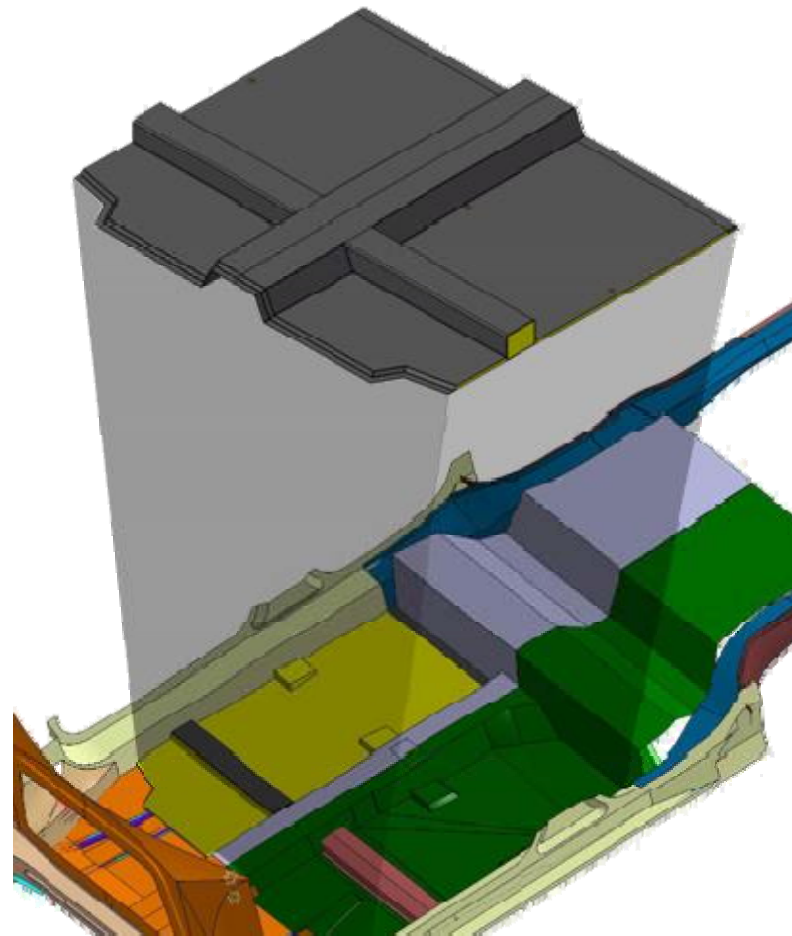
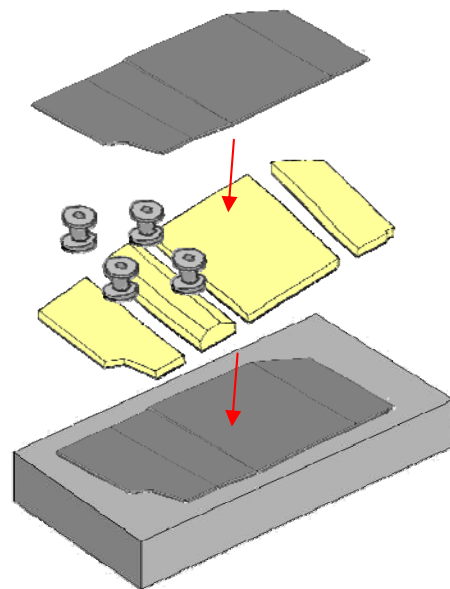


Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

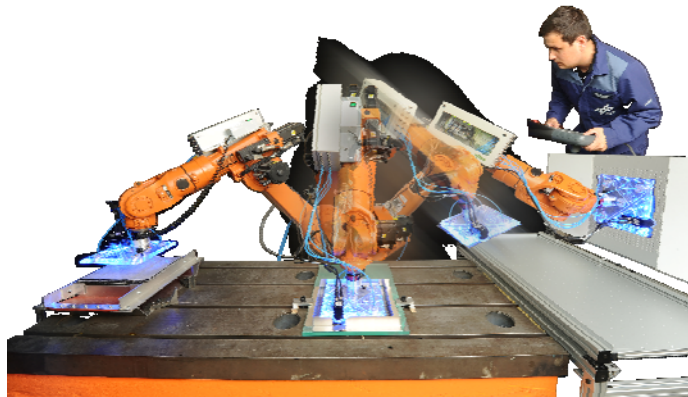
CFK in Automobil – Ein weiter Weg?
M. Wiedemann, Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik

DLR Zentrum für Leichtbau-Produktionstechnologie (ZLP) im CFK NORD Projekt EVo: Zielbauteil Fahrzeugbodengruppe

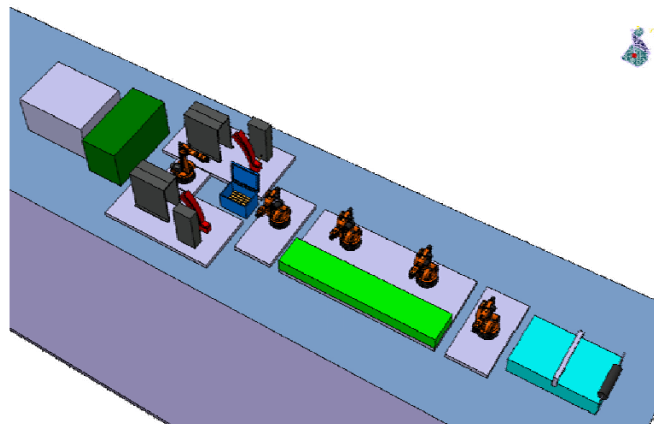
- 🚗 Flächiges Bauteil
- 🚗 Lokale Aufdickungen
- 🚗 Metallinlays
- 🚗 Schaumkerne



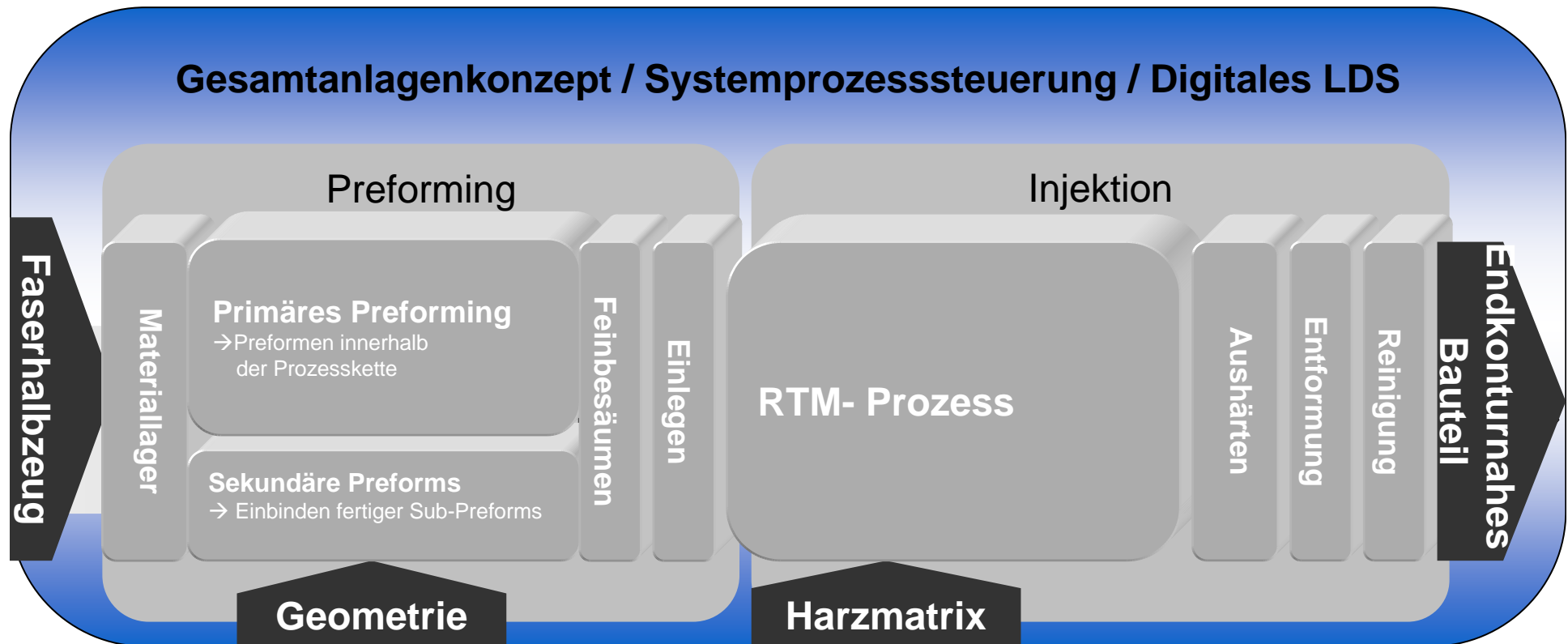
DLR Zentrum für Leichtbau-Produktionstechnologie (ZLP) im CFK NORD Projekt EVo: Endkonturnahe Volumenbauteile - Anlage



- ☞ automatisierte Produktionslinie für den Testbetrieb
- ☞ RTM Technologie
- ☞ kombinierte Preform Technologien
- ☞ Endkontur-Bauteilherstellung
- ☞ Online-Qualitätssicherung



DLR Zentrum für Leichtbau-Produktionstechnologie (ZLP) im CFK NORD
Projekt EVo: Endkonturnahe Volumenbauteile – Prozesskette

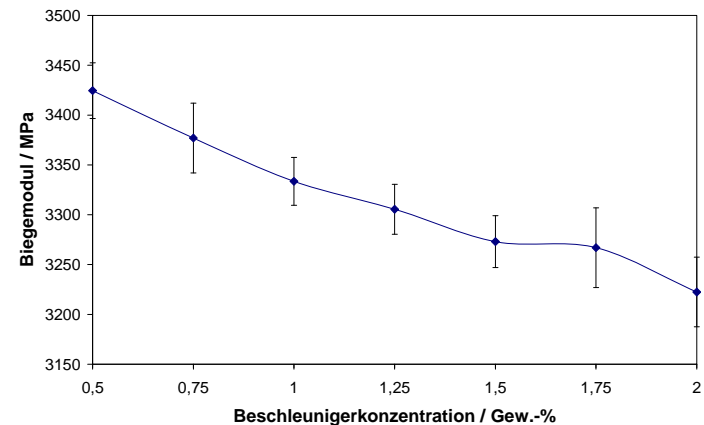
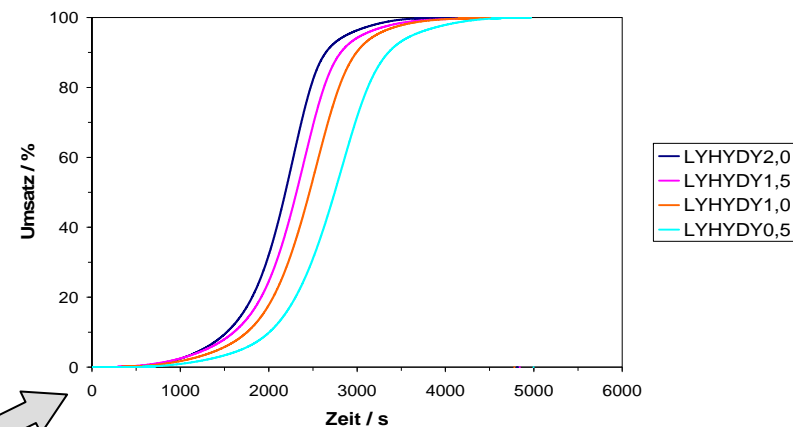


DLR Zentrum für Leichtbau-Produktionstechnologie (ZLP) im CFK NORD

Projekt EVo: Harzsysteme

Forschungs- und Entwicklungsthemen

- 🚗 Charakterisierung unterschiedlicher schneller Harzsysteme
- 🚗 Entwicklung von Verarbeitungsstrategien von sehr schnellen Harzsystemen im Labormaßstab (Mischen/Entgasen/Härten)
- 🚗 Einfluss der Beschleunigerkonzentration von LY556/HY917/DY070 auf die Härtung und die Materialeigenschaften

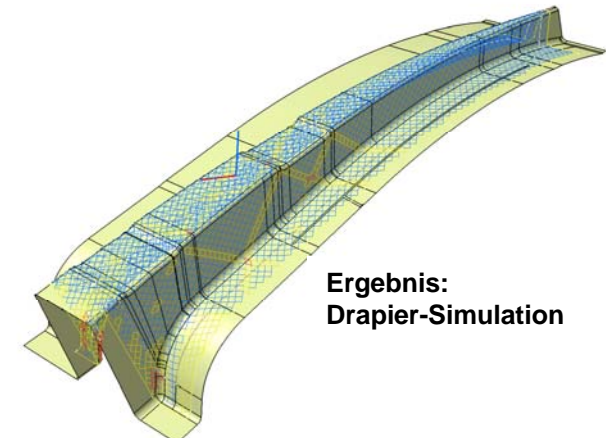


DLR Zentrum für Leichtbau-Produktionstechnologie (ZLP) im CFK NORD

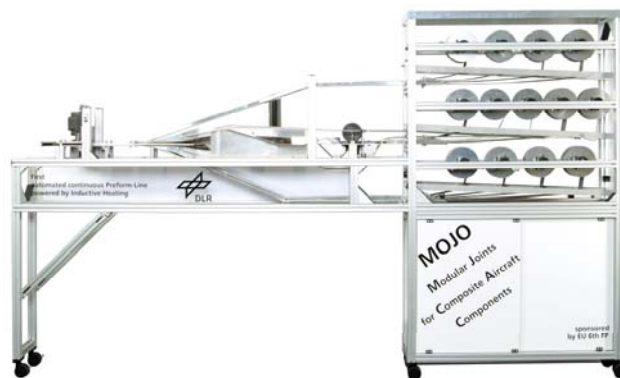
Projekt Evo: Preformprozesse 1/2

Forschungs- und Entwicklungsthemen

- 🚗 Validierung Drapiersimulationen
- 🚗 Auswahl geeigneter Faserhalbzeuge abhängig vom Drapiergrad
- 🚗 Entwicklung von automatisierten Teilanlagen / Anlagenkomponenten



Ergebnis:
Drapier-Simulation



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft



Anlagen zur kontinuierlichen
Preform-Erstellung

CFK in Automobil – Ein weiter Weg?

M. Wiedemann, Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptionik

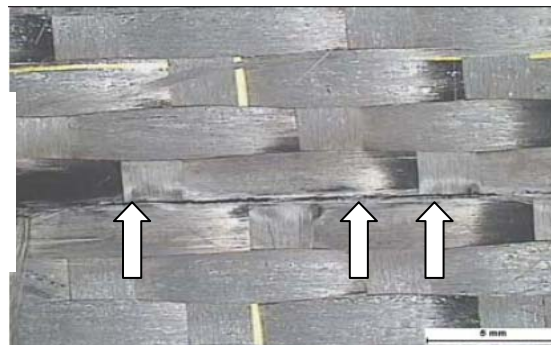
DLR Zentrum für Leichtbau-Produktionstechnologie (ZLP) im CFK NORD

Projekt EVo: Preformprozesse 2/2

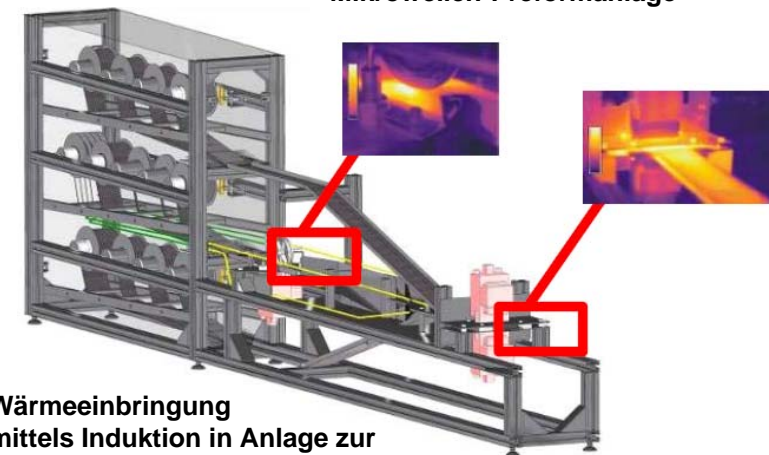
Forschungs- und Entwicklungsthemen

- 🚗 Auswahl / Abstimmung Bindertechnologie auf Preform,- Injektionsprozess inkl. Untersuchung Harzkompatibilität
- 🚗 Effizientes Wärmemangement im Preformprozess (Induktion, Mikrowelle, Flüssigkeit)
- 🚗 Preformendbeschnitttechnologien (u.a. Laser-basiert)

Beispiel: Laserschnitt
4 Lagen 300g/m² @
10000mm/min
CO2 Laser 250W Quelle:
LZH



Mikrowellen-Preformanlage

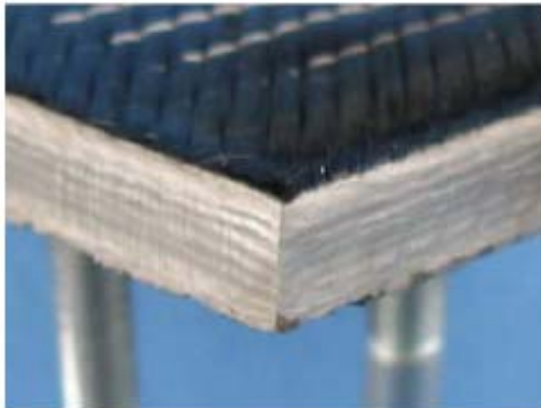


Wärmeeinbringung
mittels Induktion in Anlage zur
kontinuierlichen Preformerstellung

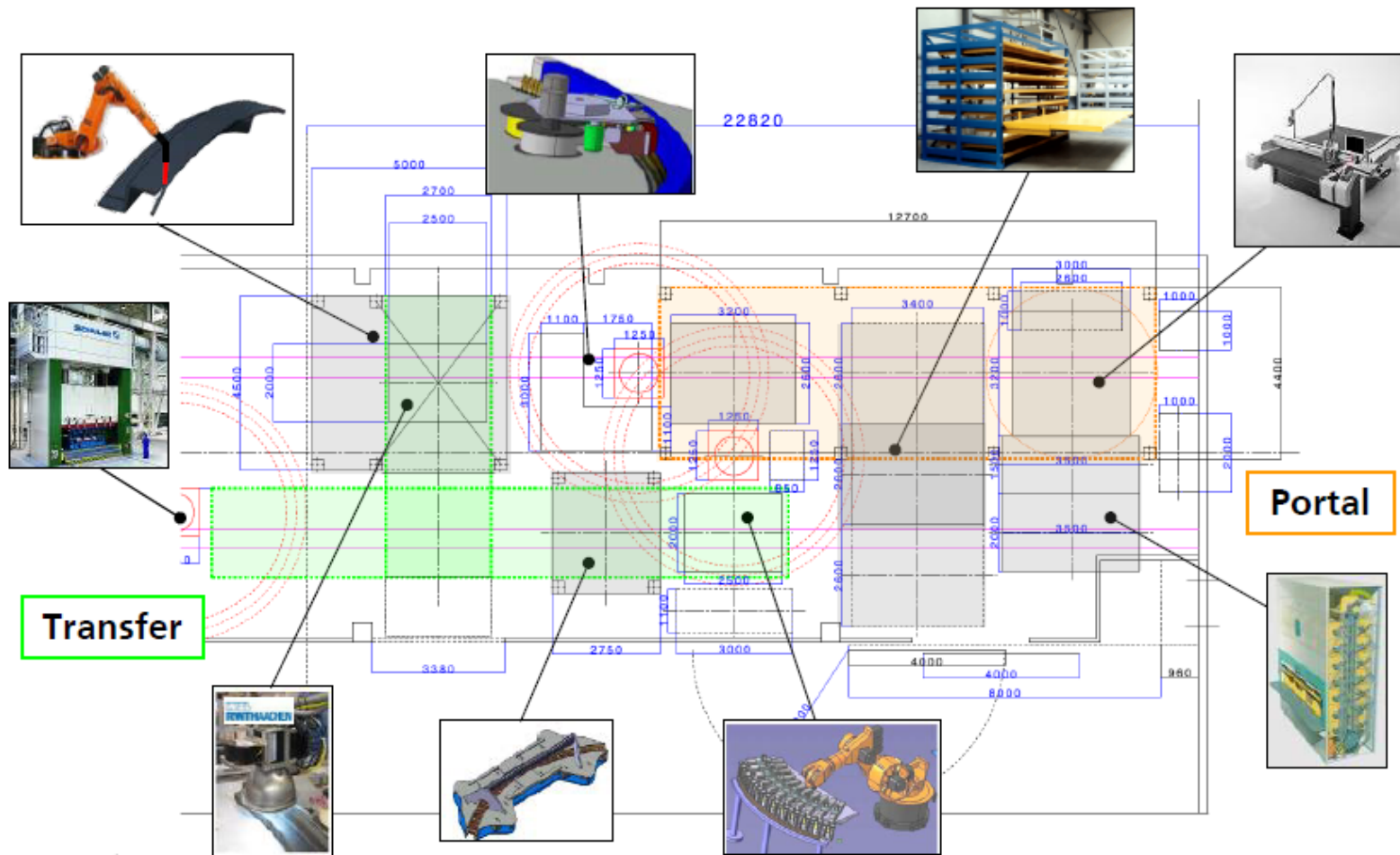
DLR Zentrum für Leichtbau-Produktionstechnologie (ZLP) im CFK NORD Projekt EVo: Feinbesäumung

Forschungs- und Entwicklungsthemen

- 🚗 Mechanischer Feinschnitt mit Ultraschall
- 🚗 Laserbeschnitt



DLR Zentrum für Leichtbau-Produktionstechnologie (ZLP) im CFK NORD
Projekt EVo: Preforming - Planungsstand



DLR Zentrum für Leichtbau-Produktionstechnologie (ZLP) im CFK NORD

Projekt Evo: Injektionsprozesse 1/2

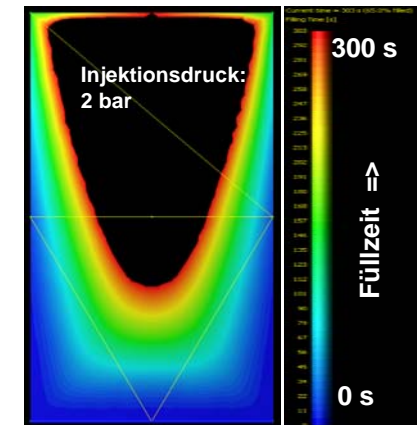
Forschungs- und Entwicklungsthemen

- 🚗 Analyse von Einflussparametern abhängig von verwendeten
 - 🚚 Verfahrensvarianten,
 - 🚚 Randbedingungen aus Vorprozessen
 - 🚚 und Halbzeugen
- 🚗 Entwicklung von Tränkungsstrategien für prozessichere Schnelltränkung (mittels Fließsimulation)

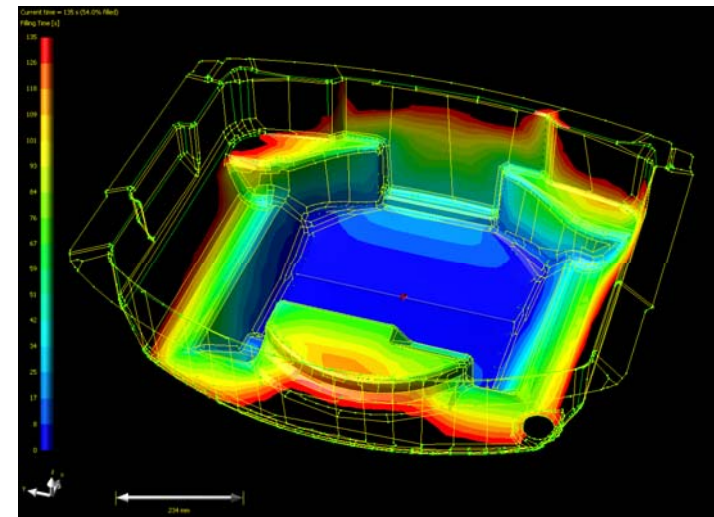
Folgen fehlerhafter Tränkung



Ergebnisse:
Tränkungs-Simulation



Handling- und
Einlege-Toleranzen



DLR Zentrum für Leichtbau-Produktionstechnologie (ZLP) im CFK NORD

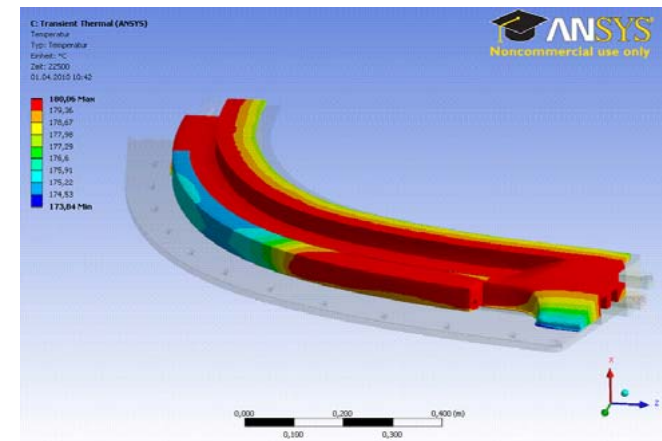
Projekt Evo: Injektionsprozesse 2/2

Forschungs- und Entwicklungsthemen

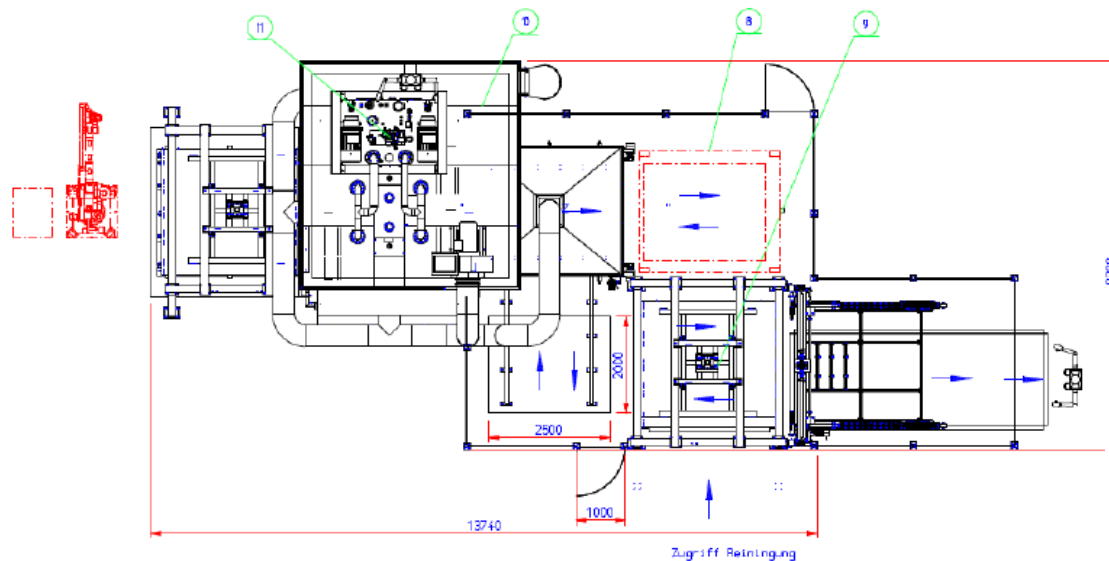
- 🚗 Thermalmanagementkonzepte (Induktion, Mikrowelle, Flüssigkeit)
- 🚗 Entwicklung von Ansätzen zur
 - 🛠 Konzeption,
 - 🛠 Auslegung und
 - 🛠 Konstruktion von Formwerkzeug
- 🚗 Ermittlung von optimalen Prozessparametern (Temperatur, Druck, Zeit: abhängig von Harzsystem und Tränkungsstrategie)



Thermal-Management mittels Flüssigkeitskreislauf

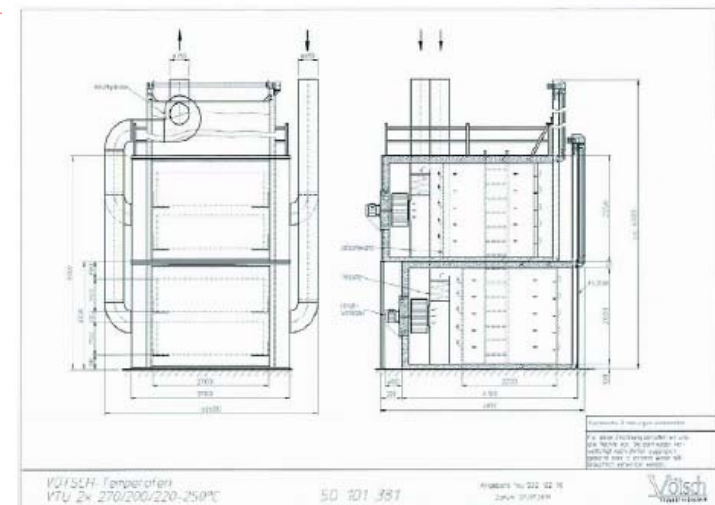


DLR Zentrum für Leichtbau-Produktionstechnologie (ZLP) im CFK NORD Projekt Evo: Injektion und Tempern - Planungsstand



Temperofen

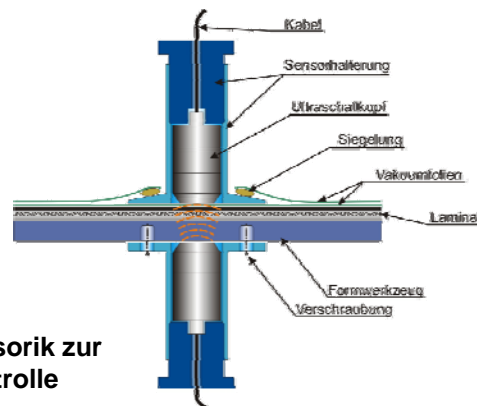
- ☞ Doppelkammerofen
- ☞ Jeweils 2 Bauteile mit Kernwerkzeug bei vollem Bauteilraster pro Ofenkammer
- ☞ Modularer Aufbau, zweiteilige Beauftragung



DLR Zentrum für Leichtbau-Produktionstechnologie (ZLP) im CFK NORD Projekt Evo: Qualitätssicherungsverfahren

Forschungs- und Entwicklungsthemen

- 🚗 Sensorik in Preform- und Injektionsprozess
- 🚗 Fehlereinflussanalyse
- 🚗 Umfassende Technologiebewertung
- 🚗 Berücksichtigung von ISO 9001 und 9100



Ultraschallsensorik zur Tränkungskontrolle

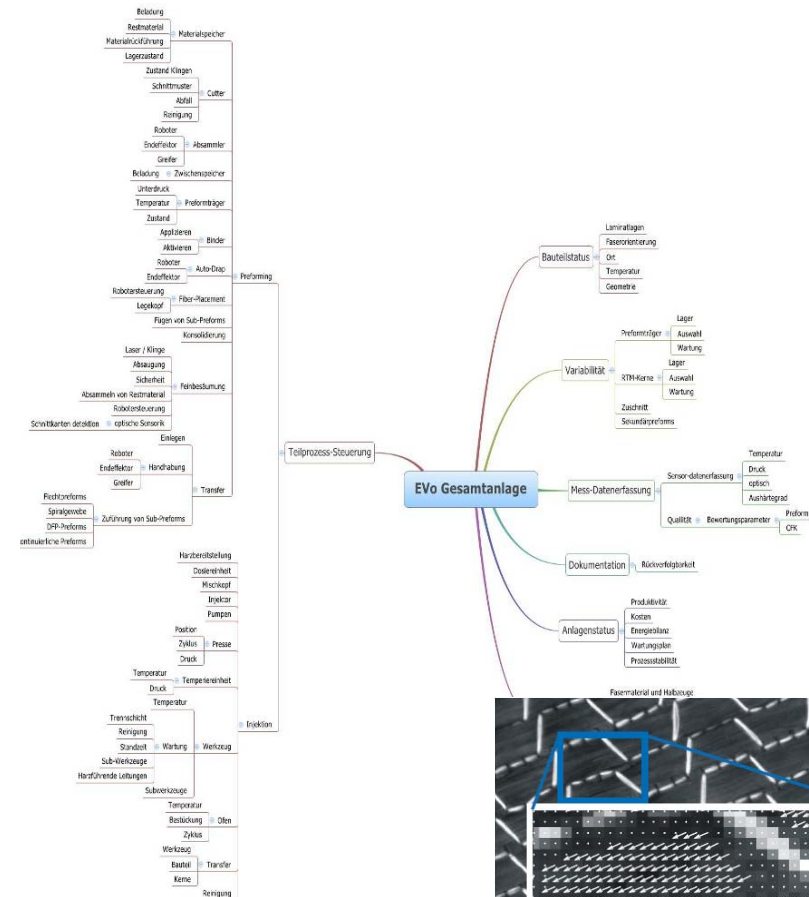
Kriterien	Bewertungsfaktor Reserveradmulde (1 = geringer Einfluss – 5 = großer Einfluss)	Faserspritzen	automatisiertes Drapieren	Advanced Fibre Placement (Coriolis)
		Punkte (1 - 5)	Punkte (1 - 5)	Punkte (1 - 5)
Taktzeit pro Preform	4	4	3	2
geometrische Flexibilität	3	5	2	4
Eignung für Bauteilgeometrie [K.O.]	5	5	3	2
Investitionskosten	3	5	3	1
Investitionskosten für zusätzlich benötigte Anlagen	3	3	1	4
Verfügbarkeit (Patente, Schutzrechte) [K.O.]	2	3	3	3
Platzbedarf [K.O.]	3	4	2	4
Komplexität / Ausfallrisiko	5	5	3	2
mechanische Kennwerte des Laminats	2	2	4	4
Energieverbrauch/Betriebskosten	4	3	3	3
Wartungszeit	4	4	4	3
Verschnitt	5	5	3	4
C-Faser Eignung [K.O.]	5	3	5	5
Verfügbarkeit (Lieferzeit)	3	4	3	3
Materialart und -kosten	5	5	2	3

DLR Zentrum für Leichtbau-Produktionstechnologie (ZLP) im CFK NORD

Projekt Evo: Gesamtanlagensteuerung






Forschungs- und Entwicklungsthemen

- 🚗 Schnittstellendefinition und Harmonisierung
- 🚗 Integration aller Teilanlagensteuerungen in einem Leitstand
- 🚗 Sammeln relevanter Prozessdaten
 - 🚗 *Maschinenparameter*
- 🚗 Sammeln Messtechnischer Daten
 - 🚗 *Sensorik, inline-QS*
- 🚗 Auswertung und Bewertung von Daten
 - 🚗 *Digitales Life-Data-Sheet*
- 🚗 Wissenschaftliche Betrachtung des Zusammenhangs von Qualität, Produktivität und Wirtschaftlichkeit
 - 🚗 *Prozessfenster*

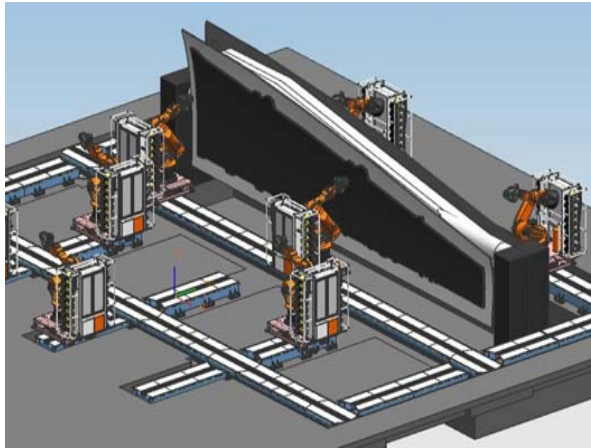


Quelle: RWTH

Unsere Ziele

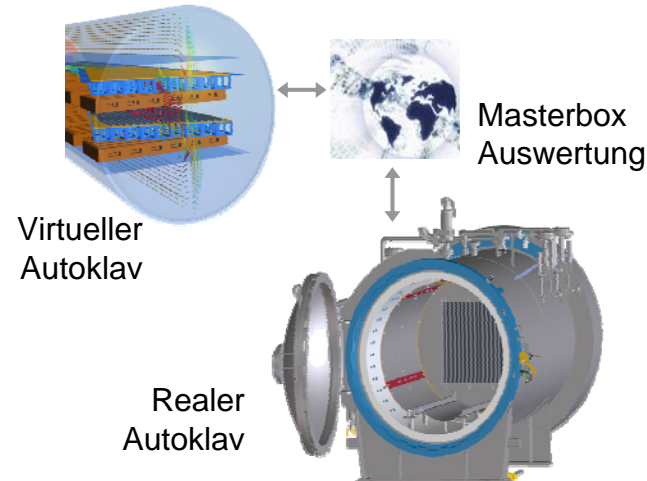
-  **>100.000 Bauteile/Jahr**
-  **90-100% Automatisierung**
-  **Minimaler Ressourcenverbrauch**
-  **Selbstlernfähigkeit**
-  **Funktionsintegration**

DLR Zentrum für Leichtbau-Produktionstechnologie (ZLP) im CFK NORD Forschen im Industriemaßstab – Weitere Projekte



Projekt **GroFi** **Groß**bauteile in **Fiber-** Placementtechnologie

Kooperierende Roboter mit
Kombinierter AFT und ATL
Technologie zum Legen von
Großbauteilen



Projekt **OnQA** **Online** Qualitätssicherung im Autoklav

Forschungsautoklav mit 5,80m
Innendurchmesser und 20m Länge,
Sensorgestützte Echtzeitsimulation

Wir...



- ... sind die Pioniere des anpassungsfähigen Hochleistungsleichtbaus
- ... erweitern in gemeinsamer Spitzenforschung das Wissen
- ... bauen die Brücke von den Grundlagen in die Anwendungen
- ... sind zuverlässige und seriöse Partner
- ... arbeiten professionell

Gerne kommen wir für ein persönliches Gespräch zu Ihnen oder begrüßen Sie in unserem Institut.

Sprechen Sie uns an.

Für weitere Informationen besuchen Sie unsere Internetseite www.dlr.de/fa